

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 554 999

②1 N° d'enregistrement national :

83 18125

⑤1 Int Cl⁴ : H 04 N 3/14; H 01 J 31/49; H 01 L 27/14.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 15 novembre 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 20 du 17 mai 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : THOMSON-CSF, société
anonyme. — FR.

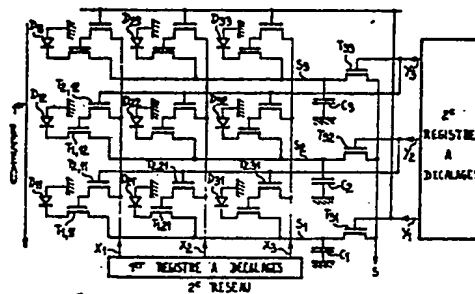
⑦2 Inventeur(s) : Marc Arques et Bernard Munier.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Philippe Guilguet, Thomson-CSF, SCPI.

⑤4 Dispositif photosensible pour l'infrarouge.

⑤7 Chaque détecteur D_{11} , D_{12} ,... est relié à un premier T_{11} , T_{12} ,... et à un second T_{21} , T_{22} ,... transistors MOS. Les seconds transistors MOS sont adressés, colonne par colonne, par un premier registre à décalage. Les premiers transistors MOS sont reliés, ligne par ligne, à une capacité C_1 , C_2 ,... de stockage des charges et à un troisième transistor MOS T_{31} , T_{32} ,... de lecture des charges adressé par un second registre à décalages. L'ensemble du dispositif est placé dans un cryostat qui ne comporte qu'une seule sortie S.



FR 2 554 999 - A1

DISPOSITIF PHOTOSENSIBLE POUR L'INFRA-ROUGE

La présente invention concerne un dispositif photosensible pour l'infra-rouge.

Par l'article intitulé "Electronically scanned C.M.T. detector array for the 8-14 μm band", paru dans la revue "Electronics Letters", du 1er Avril 1982, volume 18, numéro 7, pages 285 à 287, on connaît un dispositif photosensible pour l'infra-rouge qui va être décrit en se référant à la figure 1 annexée à la présente description.

Ce dispositif comporte un réseau de N lignes et M colonnes de détecteurs infra-rouge intégrés sur un substrat semi-conducteur. Sur la figure 1, on a choisi $M = N = 3$, à titre d'exemple. Les détecteurs D_{11} , D_{21} , D_{31} ..., D_{12} , D_{22} , D_{32} ... sont des photodiodes, intégrées sur un substrat semi-conducteur en cadmium, mercure et tellure (C.M.T), chaque photodiode est associée un transistor MOS T_1 . On voit sur la figure 1, que l'anode de chaque photodiode est reliée à la masse et sa cathode est au transistor MOS T_1 . Un premier réseau d'électrodes horizontales relie les transistors MOS T_1 associés aux détecteurs d'une même ligne. Un second réseau d'électrodes verticales relie les grilles des transistors MOS T_1 associés aux détecteurs d'une même colonne. Un premier registre à décalages permet d'adresser successivement chaque électrode du second réseau. Lorsqu'une électrode du second réseau est adressée, il y a intégration des charges correspondant au rayonnement infra-rouge, reçu par les détecteurs reliés à cette électrode, par exemple, les détecteurs D_{11} , D_{12} , D_{13} sur la figure 1. L'intégration et la lecture des charges se fait par des amplificateurs opérationnels montés en intégrateurs, avec une capacité C_1 , C_2 , C_3 entre leur entrée négative et leur sortie, et qui sont reliés à chaque électrode du premier réseau. Un multiplexeur reçoit les sorties des amplificateurs et fournit un signal S de lecture en série des charges intégrée dans les détecteurs d'une colonne. L'intégration des charges des détecteurs D_{21} , D_{22} , D_{23} de la colonne suivante commence ensuite.

Les premiers transistors MOS T_1 ainsi que le premier registre à décalages sont intégrés sur un substrat semi-conducteur en silicium qui est interconnecté avec le substrat portant les détecteurs infra-rouge. Les premiers transistors MOS T_1 et le premier registre à décalages sont placés dans le même cryostat porté à 77 K que les détecteurs infra-rouge.

Le problème qui se pose, et que la présente invention permet de résoudre, est que les amplificateurs opérationnels montés en intégrateurs ne peuvent pas être placés à l'intérieur du cryostat. Comme leur consommation, et donc leur température sont élevées, cela poserait des difficultés de les mettre dans le cryostat. De plus, à cause de cette consommation élevée, ils sont réalisés en composants discrets et sont encombrants.

La conséquence est qu'il faut établir de nombreuses connexions entre le cryostat et le reste du dispositif. De plus, les connexions entre le cryostat et les amplificateurs opérationnels transportent des signaux à bas niveau, et sensibles aux parasites.

La présente invention permet de résoudre ce problème. Elle concerne un dispositif photosensible pour l'infra-rouge ayant un fonctionnement comparable à celui du dispositif décrit dans l'article cité, mais dans lequel le cryostat ne comporte qu'une seule sortie, à fort niveau de tension et basse impédance.

Selon la revendication 1, la présente invention concerne un dispositif photosensible pour l'infra-rouge comportant :

- un réseau de N lignes et de M colonnes de détecteurs infra-rouge intégrés sur un premier substrat semi-conducteur et deux réseaux d'électrodes, l'un des réseaux étant affecté aux détecteurs d'une même ligne et l'autre aux détecteurs d'une même colonne ;
- un premier transistor MOS connecté entre chaque détecteur et une électrode d'un premier réseau ;
- un premier registre à décalages qui adresse l'une après l'autre les électrodes d'un second réseau, les premiers transistors MOS et le premier registre étant intégrés sur un second substrat semi-conducteur et placés dans un cryostat avec les détecteurs,

caractérisé en ce que le dispositif comporte, intégrés dans le second substrat semi-conducteur et placés dans le cryostat :

- un deuxième transistor MOS connecté entre la grille de chaque premier transistor MOS et une électrode du second réseau ;
- 5 - un condensateur relié entre chaque électrode du premier réseau et un potentiel de référence et servant successivement au stockage, puis à la lecture des charges dues aux détecteurs reliés à cette électrode ;
- 10 - un troisième transistor MOS connecté entre chaque électrode du premier réseau et la sortie du dispositif photosensible, et qui permet la lecture des charges stockées dans chaque capacité ;
- 15 - un second registre à décalages qui, alors que le premier registre adresse une électrode du second réseau, adresse l'une après l'autre, la grille des troisièmes transistors MOS reliés à une électrode du premier réseau, ainsi que les grilles des seconds transistors MOS commandant les grilles des premiers transistors MOS reliés à une autre électrode du premier réseau, ce qui permet la lecture, successivement de tous les détecteurs reliés à chaque électrode du second réseau et ce qui permet alors que s'effectue la lecture d'un
- 20 détecteur relié à une électrode du premier réseau, d'intégrer les charges provenant d'un détecteur relié à chacune des autres électrodes du premier réseau.

D'autres objets, caractéristiques et résultats de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre d'exemple non limitatif et illustrée par les figures annexées qui représentent :

- 25 - la figure 1, le schéma d'un dispositif photosensible pour l'infra-rouge selon l'art antérieur ;
- la figure 2, le schéma d'un mode de réalisation d'un dispositif photosensible pour l'infra-rouge selon l'invention ;
- 30 - les figures 3a à f, un mode de réalisation des signaux de commande du dispositif selon l'invention ;
- les figures 4a, b, c, des schémas montrant la succession des phases d'intégration et de lecture dans le cas d'un dispositif selon l'invention comportant trois lignes et trois colonnes de détecteurs ;

- les figures 5a à d, une vue en coupe transversale d'un mode de réalisation du dispositif selon l'invention et des schémas expliquant son fonctionnement.

5 Sur les différentes figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments, mais, pour des raisons de clarté, les cotes et proportions de divers éléments ne sont pas respectées.

La figure 1 a été décrite dans l'introduction à la description.

La figure 2 représente le schéma d'un mode de réalisation d'un dispositif photosensible pour l'infra-rouge selon l'invention.

10 Ce dispositif diffère notamment de celui de la figure 1 car deux transistors MOS sont associés à chaque détecteur D_{11} , D_{12} , D_{13} ...

15 - comme sur la figure 1, un premier transistor MOS $T_{1, 11}$, $T_{1, 21}$... est connecté entre chaque détecteur et une électrode horizontale du premier réseau d'électrodes ;

- un deuxième transistor MOS $T_{2, 11}$, $T_{2, 21}$... est connecté entre la grille de chaque premier transistor MOS et une électrode verticale du second réseau d'électrodes.

20 Comme sur la figure 1, un premier registre à décalages adresse l'une après l'autre les électrodes verticales du second réseau.

25 Une autre différence entre le dispositif de la figure 1 et celui de la figure 2 concerne les moyens d'intégration et de lecture des charges reliés aux électrodes horizontales S_1 , S_2 , S_3 du premier réseau.

Sur la figure 2, ces moyens sont constitués par :

30 - un condensateur C_1 , C_2 , C_3 ... relié entre chaque électrode horizontale S_1 , S_2 , S_3 du premier réseau et un potentiel de référence, qui peut être le potentiel du second substrat semi-conducteur et qui est représenté symboliquement sur les figures par la masse ;

- un troisième transistor MOS T_{31} , T_{32} , T_{33} ... relié entre chaque électrode horizontale S_1 , S_2 , S_3 du premier réseau et la sortie S du dispositif photosensible ;

- un second registre à décalages qui adresse l'une après l'autre

la grille d'un troisième transistor MOS, ainsi que les grilles des seconds transistors MOS commandant les grilles des premiers transistors MOS reliés à une autre électrode du premier réseau que celle à laquelle est relié ledit troisième transistor MOS.

5 Dans la suite de la description, on considère que :

- le premier et le second registre à décalages adressent successivement des électrodes de rang i , $i+1$, $i+2$..

- le second registre à décalages adresse la grille du troisième transistor MOS relié à l'électrode de rang $i+1$ du premier réseau et simultanément les grilles des seconds transistors MOS commandant les grilles des premiers transistors MOS reliés à l'électrode de rang i du premier réseau.

10

Ainsi, par exemple, sur la figure 2, la sortie Y_2 du second registre est reliée à la grille du transistor T_{32} et aux grilles des transistors $T_{2, 11} - T_{2, 21} - T_{2, 31}$. Le même montage est réalisé pour les autres sorties du second registre.

15

Il est bien entendu que le dispositif selon l'invention peut être modifié pour que les lignes et les colonnes de détecteurs soient adressées dans un autre ordre.

20 Un grand avantage du dispositif selon l'invention est que l'ensemble du dispositif peut être placé dans un cryostat, les détecteurs infra-rouge étant intégrés sur un premier substrat semi-conducteur interconnecté à un second substrat semi-conducteur sur lequel est intégré le reste du dispositif. Une seule sortie S à haut niveau quitte le cryostat.

25

Le fonctionnement du dispositif représenté sur la figure 2 diffère de celui du dispositif selon l'art antérieur.

Ce fonctionnement va être décrit en se référant aux figures 3a à f et 4a, b, c.

30 Les figures 3a à f représentent les tensions V_{X1} , V_{X2} , V_{X3} , et V_{Y1} , V_{Y2} , V_{Y3} prises sur les sorties X_1 , X_2 , X_3 , Y_1 , Y_2 , Y_3 du premier et du second registres à décalages.

Chaque tension V_{X1} , V_{X2} , V_{X3} passe à son tour au niveau haut, d'abord V_{X1} , puis V_{X2} , V_{X3} ...

Les tensions V_{Y1} , V_{Y2} , V_{Y3} passent chacune à leur tour au niveau haut pendant chaque intervalle de temps où l'une des tensions V_{X1} , V_{X2} , V_{X3} est au niveau haut. Sur les figures 3a à f, l'une des tensions V_{X1} , V_{X2} , V_{X3} et l'une des tensions V_{Y1} , V_{Y2} , V_{Y3} sont toujours au niveau haut.

5 A l'instant t_1 , les tensions V_{X1} et V_{Y2} sont au niveau haut et les autres tensions au niveau bas. Le second transistor MOS $T_{2, 11}$ conduit et rend conducteur le premier transistor MOS $T_{1, 11}$. Les charges provenant du détecteur D_{11} sont stockées dans la capacité C_1 . En même temps que commence l'intégration des charges provenant du détecteur D_{11} , le troisième transistor T_{32} devient conducteur et lit les charges stockées dans la capacité C_2 en provenance du détecteur D_{32} .

15 A l'instant t_2 , les tensions V_{X1} et V_{Y3} sont au niveau haut. Le transistor MOS $T_{2, 11}$ qui reçoit sur sa grille la tension V_{Y2} au niveau bas est bloqué. Le transistor $T_{1, 11}$ continue cependant à conduire en raison des charges accumulées précédemment sur sa grille. Le fait que l'ensemble du dispositif photosensible soit placé dans un cryostat porté à faible température favorise le maintien des charges sur la grille du transistor $T_{1, 11}$. L'intégration des charges provenant du détecteur D_{11} se poursuit. Les transistors $T_{2, 12}$ et $T_{1, 12}$ conduisent et entraînent l'intégration des charges provenant du détecteur D_{12} dans la capacité C_2 . Le transistor T_{32} est bloqué. La lecture des charges provenant de D_{32} est terminée. Le transistor T_{33} conduit et provoque la lecture des charges accumulées dans la capacité C_3 en provenance du détecteur D_{13} .

25 A l'instant t_3 , les tensions V_{X2} et V_{Y1} sont au niveau haut. Le transistor $T_{2, 11}$ est bloqué, mais le transistor $T_{1, 11}$ continue à conduire. L'intégration des charges provenant du détecteur D_{11} se poursuit. Il en est de même pour l'intégration des charges provenant du détecteur D_{12} . Le transistor MOS T_{33} est bloqué et la lecture des charges provenant du détecteur D_{13} est terminée. Par contre, le transistor T_{31} conduit et lit les charges stockées dans la capacité C_1 provenant du détecteur D_{11} . Les transistors $T_{2, 23}$ et $T_{1, 23}$

conduisent et l'intégration dans la capacité C_3 des charges provenant du détecteur D_{23} commence.

5 A l'instant t_4 , les tensions V_{X2} et V_{Y2} sont au niveau haut. Le transistor MOS T_{31} est bloqué ce qui arrête la lecture des charges stockées dans la capacité C_1 en provenance du détecteur D_{11} . Le passage de V_{Y2} au niveau haut alors que V_{X1} est au niveau bas provoque le blocage des transistors $T_{2,11}$ et $T_{1,11}$ et arrête l'intégration des charges provenant du détecteur D_{11} . La lecture des charges provenant du détecteur D_{12} commence alors que se poursuit l'intégration des charges provenant de ce détecteur. L'intégration des charges provenant du détecteur D_{23} se poursuit alors que commence l'intégration des charges provenant du détecteur D_{21} .

10 Le fonctionnement du dispositif de la figure 2 est basé sur les considérations suivantes où les transistors $T_{1,11}$ et $T_{2,11}$ sont pris comme exemple :

- lorsque les tensions V_{X1} et V_{Y2} sont au niveau haut, les transistors MOS $T_{2,11}$ et $T_{1,11}$ conduisent;
- lorsque V_{X1} est au niveau haut et V_{Y2} au niveau bas, le transistor $T_{2,11}$ est bloqué mais le transistor $T_{1,11}$ continue à conduire grâce aux charges accumulées sur sa grille ;
- 20 - lorsque V_{X1} est au niveau bas et V_{Y2} au niveau haut, les transistors $T_{2,11}$ et $T_{1,11}$ sont bloqués.

25 Sur les figures 4a, b, c, on a montré comment se répartissent en fonction du temps l'intégration et la lecture des détecteurs réalisées grâce aux capacités C_1 , C_2 et C_3 .

On constate qu'on lit successivement les détecteurs reliés à chaque électrode du second réseau.

Ainsi on lit les détecteurs D_{13} , D_{11} , D_{12} , puis D_{23} , D_{21} , D_{22} , D_{33} , D_{31} , D_{32} et à nouveau D_{13} , D_{11} , D_{12} ...

30 On constate que, pendant qu'est lu un détecteur relié à une électrode horizontale, se produit l'intégration des charges provenant d'un détecteur relié à chacune des autres électrodes horizontales. Ainsi pendant qu'on lit D_{11} on intègre les charges provenant de D_{12} et D_{23} .

Contrairement à ce qui se passe avec le dispositif de la figure 1, les périodes d'intégration des détecteurs sont décalées dans le temps.

Un avantage du dispositif selon l'invention est de ne comporter qu'une seule capacité par ligne (ou colonne) de détecteurs, tout en permettant des durées d'intégration des charges élevées. On voit sur la figure 4 que l'intégration des charges provenant de D_{11} se fait de t_1 à t_4 , alors qu'avec le dispositif de la figure 1 cette intégration n'aurait lieu que pendant une durée égale à $t_2 - t_1$.

La figure 5a est une vue en coupe transversale réalisée dans le substrat semi-conducteur, en silicium de type P par exemple, sur lequel est intégré le dispositif de la figure 2.

Cette coupe a été effectuée au niveau des éléments reliés à la photodiode D_{11} .

Cette photodiode D_{11} a son anode reliée à un potentiel de référence représenté symboliquement sur la figure par la masse et sa cathode reliée au premier transistor MOS $T_{1, 11}$ constitué par deux diodes d_1 et d_2 et deux grilles g_1 et g_2 .

La première grille g_1 est portée à un potentiel constant et contribue à la polarisation de la photodiode.

La deuxième grille g_2 est commandée par le deuxième transistor MOS $T_{2, 11}$ qui n'est pas représenté sur la figure 5a.

Une électrode relie les diodes d_2 des premiers transistors $T_{1, 11}$, $T_{1, 21}$, $T_{1, 31}$ de la première ligne de détecteurs D_{11} , D_{21} , D_{31} .

Cette électrode S_1 aboutit à une diode d_3 qui fait partie du troisième transistor MOS T_{31} . Ce transistor comporte deux grilles, une grille g_3 à un potentiel constant et une grille g_4 qui est reliée à la sortie Y_1 du second registre à décalages. Le transistor MOS T_3 comporte aussi une diode d_4 reliée à la sortie S du dispositif.

La capacité C_1 est constituée par les capacités de toutes les diodes d_2 de la ligne de détecteurs, par la capacité de la diode d_3 et de la grille g_3 du transistor T_{31} .

Les figures 5b, c et d montrent l'évolution des potentiels de

surface dans le substrat semi-conducteur au cours du temps.

Sur la figure 5b, aux temps t_1 et t_2 se produit l'intégration dans la capacité C_1 des charges dues au détecteur D_{11} .

5 Sur la figure 5c, au temps t_3 , se produit la lecture par le transistor T_{31} des charges stockées dans la capacité C_1 .

Sur la figure 5d, au temps t_4 , la capacité C_1 stocke les charges provenant du détecteur D_{21} .

10 Les détecteurs sensibles à l'infra-rouge peuvent être des photodiodes comme sur les figures ou un autre type de détecteurs infra-rouge, tel que par exemple, un détecteur du type grille-isolant-semi-conducteur. Dans le cas des photodiodes, elles peuvent être reliées soit à une diode réalisée sur le second substrat semi-conducteur, comme sur les figures, soit à une grille réalisée sur ce second substrat sans que le fonctionnement du dispositif selon
15 l'invention soit modifié. Les photodiodes peuvent être par exemple reliées à une grille d'un premier transistor MOS ayant au moins une autre grille reliée à un deuxième transistor MOS.

De même, les photodétecteurs et le reste du dispositif sont intégrés sur des substrats semi-conducteurs différents et bien
20 adaptés. Par exemple, pour les photo-détecteurs, de l'antimoniure d'indium, du tellure d'étain et de plomb, du tellure de cadmium et de mercure... Le reste du dispositif est intégré par exemple sur un substrat semi-conducteur en silicium de type P ou N.

Enfin il est bien entendu que les rôles des électrodes du
25 premier et du second réseau d'électrodes peuvent être inversés sans problème, c'est-à-dire que le premier registre à décalages peut être relié aux électrodes du premier réseau et les capacités, les troisièmes transistors MOS et le second registre à décalages peuvent être reliés aux électrodes du second réseau.

30 Dans la présente description, c'est le passage au niveau haut des tensions V_{Y1} , V_{Y2} , V_{Y3} par exemple qui provoque la conduction des transistors T_{31} , T_{32} , T_{33} . Lorsque le dispositif est intégré sur un substrat de type N, il est bien entendu que c'est le passage au niveau bas des signaux de commande qui provoque la conduction.

REVENDICATIONS

1. Dispositif photosensible pour l'infra-rouge comportant :

- un réseau de N lignes et de M colonnes de détecteurs infra-rouge (D_{11} , D_{12} ...), intégrés sur un premier substrat semi-conducteur et deux réseaux d'électrodes, l'un des réseaux étant affecté aux
5 détecteurs d'une même ligne et l'autre aux détecteurs d'une même colonne ;

- un premier transistor MOS ($T_{1, 11}$, $T_{1, 12}$...) connecté entre chaque détecteur et une électrode d'un premier réseau ;

- un premier registre à décalages qui adresse l'une après
10 l'autre les électrodes d'un second réseau, les premiers transistors MOS et le premier registre étant intégrés sur un second substrat semi-conducteur et placés dans un cryostat avec les détecteurs, caractérisé en ce que le dispositif comporte, intégrés dans le second substrat semi-conducteur et placés dans le cryostat :

- un deuxième transistor MOS ($T_{2, 11}$, $T_{2, 12}$...) connecté entre
15 la grille de chaque premier transistor MOS ($T_{1, 11}$, $T_{1, 12}$...) et une électrode du second réseau ;

- un condensateur (C_1 , C_2 ...) relié entre chaque électrode du
20 premier réseau et un potentiel de référence et servant successivement au stockage puis à la lecture des charges dues aux détecteurs reliés à cette électrode ;

- un troisième transistor MOS (T_{31} , T_{32} ...) connecté entre
25 chaque électrode du premier réseau et la sortie (S) du dispositif photosensible, et qui permet la lecture des charges stockées dans chaque capacité ;

- un second registre à décalage qui, alors que le premier
registre adresse une électrode du second réseau, adresse l'une après l'autre, la grille des troisièmes transistors MOS reliés à une électrode du premier réseau, ainsi que les grilles des seconds transistors
30 MOS commandant les grilles des premiers transistors MOS reliés à une autre électrode du premier réseau, ce qui permet la lecture successivement de tous les détecteurs reliés à chaque électrode du

second réseau et ce qui permet alors que s'effectue la lecture d'un détecteur relié à une électrode du premier réseau d'intégrer les charges provenant d'un détecteur relié à chacune des autres électrodes du premier réseau.

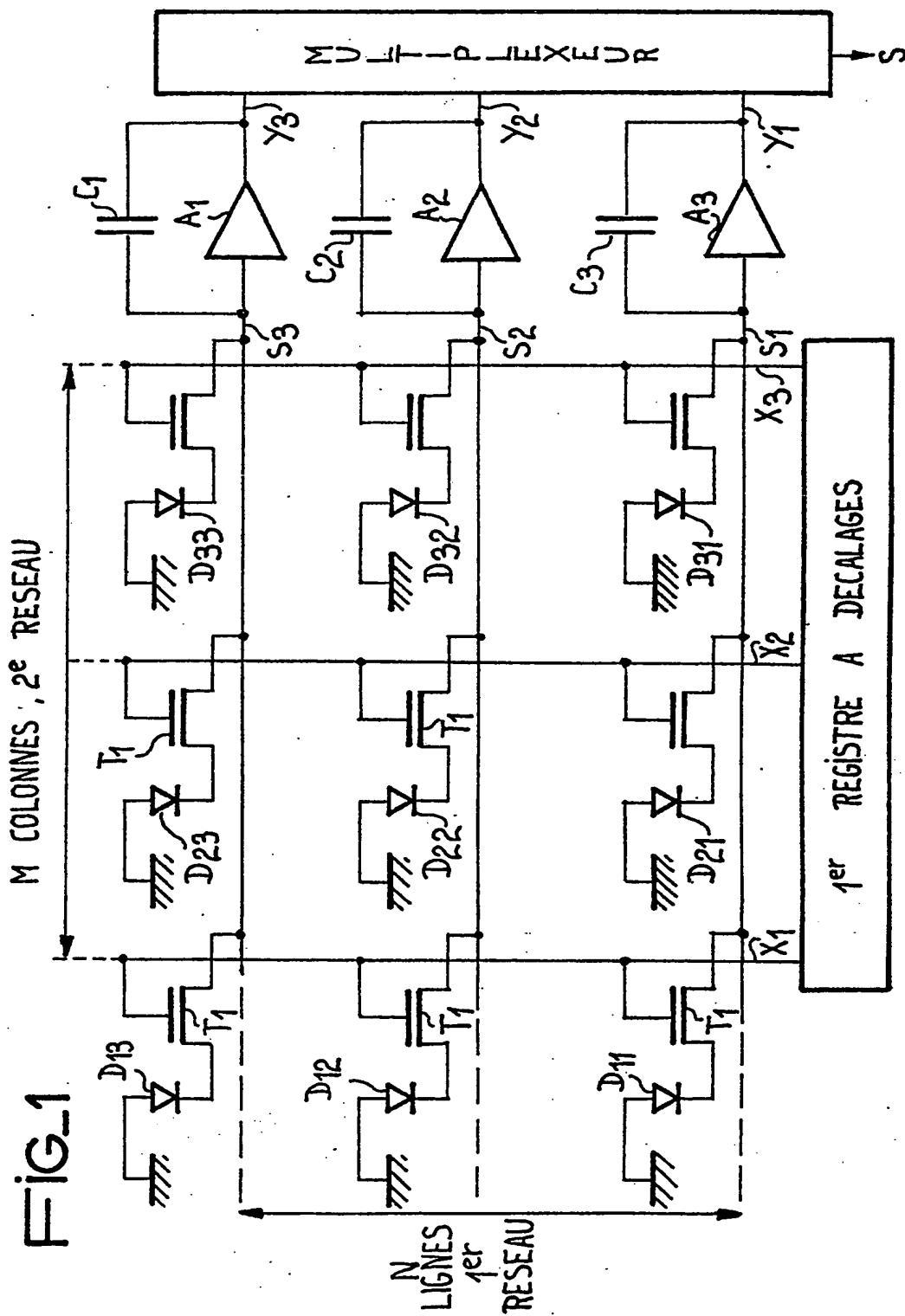
5 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les détecteurs infra-rouge sont des photodiodes.

 3. Dispositif selon l'une des revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que :

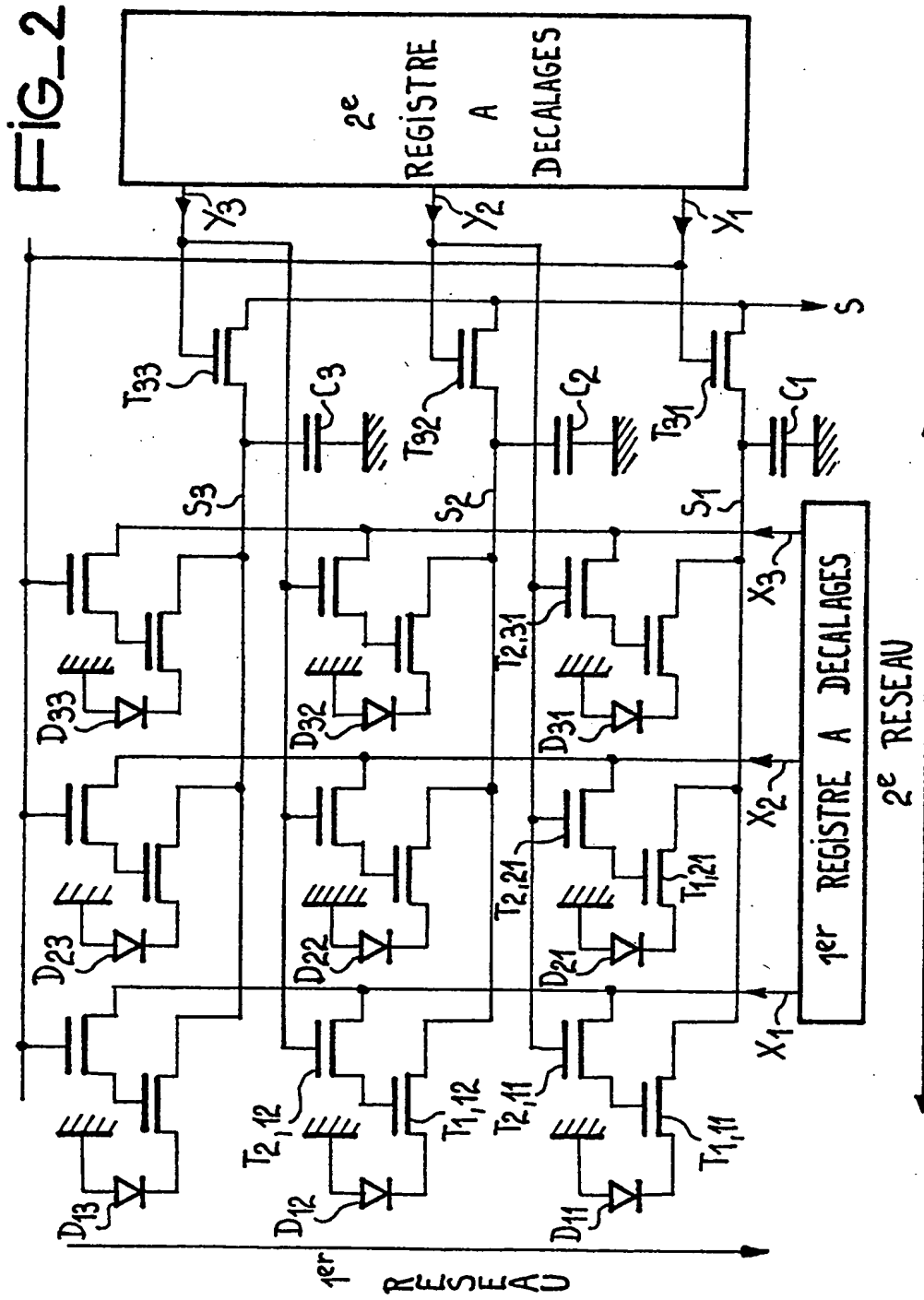
10 - le premier et le second registre à décalages adressent successivement les électrodes de rang 1, 2, 3 ...i, i+1, i+2... puis à nouveau, 1, 2, 3... ;

 - le second registre à décalages adresse la grille du troisième transistor MOS relié à l'électrode de rang i+1 du premier réseau et les grilles des seconds transistors MOS commandant les grilles des
15 premiers transistors MOS reliés à l'électrode de rang i du premier réseau.

1/4

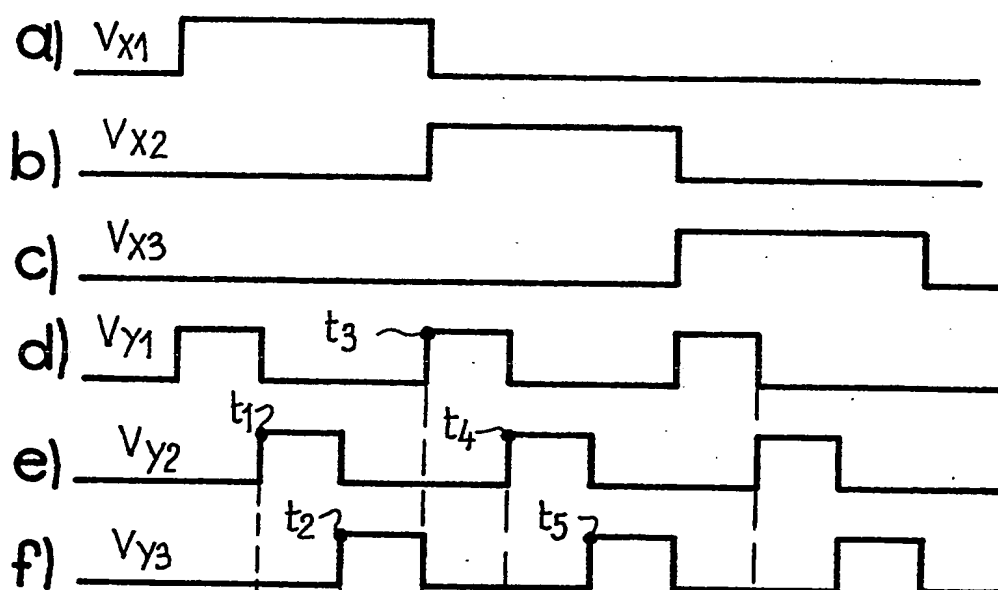


2/4

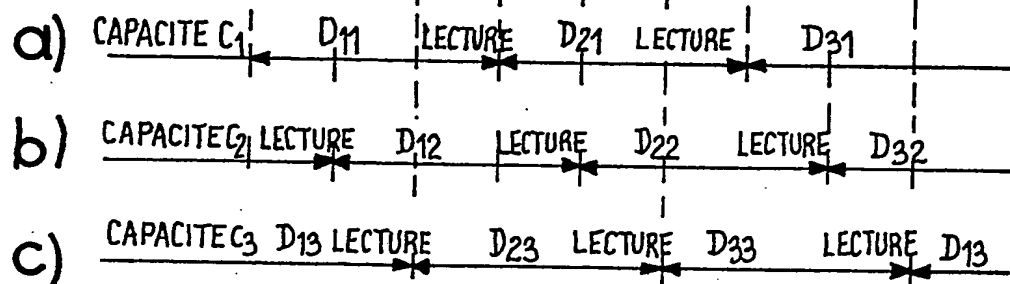


3/4

FIG_3



FIG_4



4/4

FIG. 5

